

Міністерство освіти і науки України
Національний університет водного господарства та
природокористування
Кафедра водопостачання, водовідведення та бурової справи

03-06-115

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до практичних занять та самостійної роботи
з навчальної дисципліни

«Обладнання та експлуатація систем водопостачання і водовідведення»

для здобувачів вищої освіти другого (магістерського) рівня за
освітньо-професійною програмою «Водопостачання і
водовідведення» спеціальності 192 «Будівництво та цивільна
інженерія» всіх форм навчання

Рекомендовано
науково-методичною радою
з якості ННІ БА
Протокол № 6 від 23.06.2020 р.

Рівне – 2020

Методичні вказівки до практичних занять та самостійної роботи з навчальної дисципліни «Обладнання та експлуатація систем водопостачання і водовідведення» для здобувачів вищої освіти другого (магістерського) рівня за освітньо-професійною програмою «Водопостачання і водовідведення» спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія» всіх форм навчання [Електронне видання] / Квартенко О. М. – Рівне : НУВГП, 2020. – 20 с.

Укладач: Квартенко О. М., д-р.техн.наук, доцент, професор кафедри водопостачання, водовідведення та бурової справи.

Відповідальний за випуск: Мартинов С. Ю., д-р.техн.наук, професор, завідувач кафедри водопостачання, водовідведення та бурової справи.

Керівник групи забезпечення
освітньо-професійної програми

Мартинов С. Ю.

© Квартенко О. М., 2020
© НУВГП, 2020

ЗМІСТ

Вступ	3
1. Струменеві гідрокомпресорні установки	3
1.1. Можливі варіанти схем струменевих гідрокомпресорних установок	3
1.2. Розрахунок гідрокомпресорних установок	6
2. Розрахунок ежектора	9
3. Розрахунок вакуум-ежекційного апарата	12
4. Самостійна робота	16
4.1. Завдання для самостійної роботи	16
4.2. Оформлення звіту про самостійну роботу	17
Рекомендована література	18
Додатки	19

Вступ

В методичних вказівках розглянуті методи розрахунку гідроструменевих установок, ежекторів та вакуум-ежекційних апаратів. Розглянуте обладнання використовується для невеликих за продуктивністю (до 1000 м³/добу) станціях очищення підземних, зворотних та стічних вод. В процесі виконання роботи студенти отримують навички розрахунку альтернативних компресорам та повітродувкам апаратів, які забезпечують більш надійну подачу повітря та можуть бути застосованими у різних галузях водопровідно-каналізаційного господарства. Ознайомлюються із розрахунком та конструкцією ежекторів які використовуються в технологічних схемах для насичення води киснем повітря, причому як для природних так і стічних вод. Опановують розрахунок вакуум-ежекційного апарату який використовується в технологічних схемах станцій знезалізення та пом'якшення природних вод.

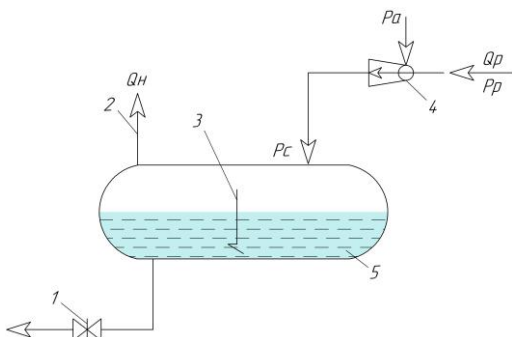
1. Струменеві гідрокомпресорні установки

Здатність всмоктувати гази із атмосфери та підвищувати їх тиск дозволяє застосувати гідроструменеві апарати (гідрокомпресори) в установках для подачі стислого повітря. В галузі водопостачання - водовідведення гідрокомпресорні установки можуть застосовуватися для подачі стислого повітря в біофільтри, аеротенки, флотатори, замість повітродувки на станціях очистки природних і стічних вод.

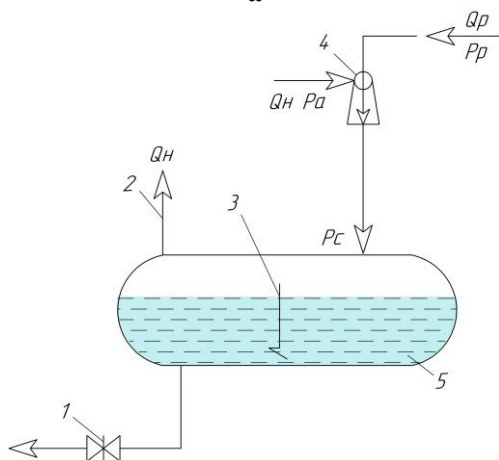
Установка забезпечує більшу надійність подачі повітря ніж звичайні повітродувки.

1.1. Можливі варіанти схем струменевих гідрокомпресорних установок

Установки (рис.1 а, б) представляють собою відкриті (проточні схеми) з одноразовим застосуванням води. Робоча рідина з витратою Q_p та тиском p_p подається до сопла гідроструменевого ежектора 4, який підсмоктує повітря із атмосфери з тиском p_n та об'ємними витратами Q_n .



а



б

Рис 1. Відкриті схеми гідрокомпресорів струменевого типу:
а - з низьким; б - високим розташуванням ежекційних апаратів

Повітряна суміш надходить до баку-ресивера 5, де повітря відділяється від води. Для поліпшення розділу повітря та води служить перегородка 3. Повітря через вантуз 2 поступає до споживачів, а вода через засувку 1 скидається або поступає для повторного використання. Установка на рис. 1б відрізняється тим, що ежектор 4 встановлений на деякій висоті над рівнем води в баці 5. Це дозволяє при однаковому, із схемою рис.1а, тиском p_c після ежектора отримати більшу подачу повітря Q_n або при рівних подачах створити більший тиск повітря в баці -ресивері 5.

Установки за відкритими схемами (рис. 1.а,б) потребують витрату більшої кількості робочої води, яка після використання, як правило йде на скид. Більш економічними є установки, які виконані за циркуляційною схемою (рис.2. а, б).

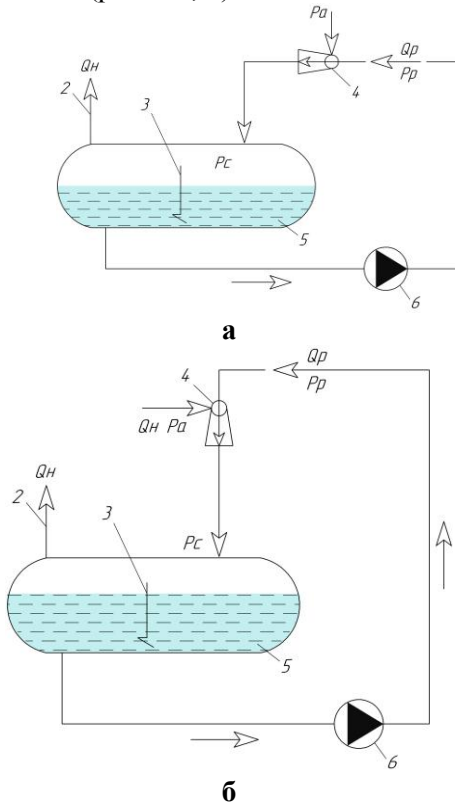


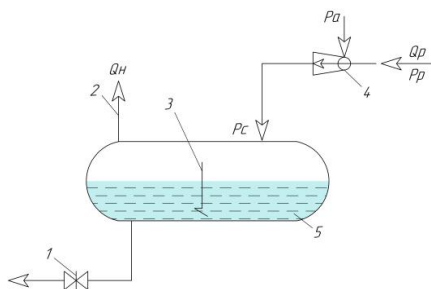
Рис. 2. Циркуляційні схеми гідрокомпресорів струменевого типу:
а - з низьким; б - високим розташуванням ежекційних апаратів

Витрати води обумовлені лише необхідністю підтримання температури води у циркуляційному баці у заданих межах, або відведенні забруднень, які поступають з повітря, що перекачується. Завдяки тому, що тиск стислого повітря, який створюється в баці 5 передається через насос 6 на робоче сопло ежектора, установки, зображені на рис.2 а,б забезпечують більші коефіцієнти підсмоктування, ніж установки, за схемами рис. 1.

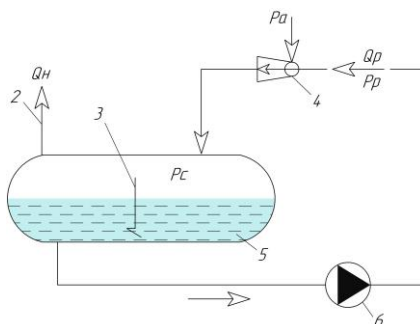
1.3. Розрахунок гідрокомпресорних установок

Розрахувати струменеву гідрокомпресорну установку. Вода до робочого сопла ежектора подається відцентровим насосом, який створює абсолютний тиск - $p_{\text{нас}} = 0,6$ МПа, при витраті робочої води $Q_p = 20$ м³/год. Установки повинні створювати абсолютний тиск повітря в баці 5 $p_c' = 0,2$ МПа. Температура робочої води становить $T = 40^\circ\text{C}$. Повітря забирається із атмосфери, $p_n = 0,1$ МПа при $t = 20^\circ\text{C}$.

а) відкрита



б) рециркуляційна



1.3.1. Використовуючи номограму (додаток 2), визначають об'ємний коефіцієнт підсмоктування U_o , який приведений до тиску на всмоктуванні, та основний геометричний параметр ежектора d_r/d_c - який необхідний для забезпечення оптимального режиму гідроструменевого ежектора.

Для установки, яка виконана по відкритій схемі (рис. 1, а) при $p_p = p_{\text{нас}} = 0,6$ МПа, та $p_c = 0,2$ МПа (по завданню) отримують $U_o = 0,9$, $d_r/d_c = 2,25$.

У випадку застосування циркуляційної установки (рис.1. б): $p_p = p_{\text{нас}} + p_c' = 0,6 + 0,2 - 0,1 = 0,7$ МПа (так як додається абсолютний тиск, то з результату добутку

необхідно відняти 0,1 МПа (атмосферний тиск)). При $p_o = 0,7$ МПа та $p_c = 0,2$ МПа для циркуляційної установки маємо $U_o=1,1$, $d_r/d_c=2,4$.

1.3.2. Визначають об'ємні коефіцієнти підсмоктування ежекторів по сухому повітрю $U_{o,o}$:

$$U_{o,c} = k_{\pi} \cdot k_{\tau} \cdot U_o \quad (1)$$

де $k_{\pi} = 1 - (p_{\pi,п}/p_{\pi})$ - поправочний коефіцієнт на тиск насичених парів рідини;

$p_{\pi,п}$ - абсолютний тиск насичених водяних парів в залежності від температури води τ (додаток 1)

$p_{\pi} = 0,1$ МПа - атмосферний тиск;

$$k_{\tau} = \left(\frac{T_{\pi}}{T_p} \right) \quad (2)$$

k_{τ} - поправочний коефіцієнт на різницю абсолютних температур робочої води T_p , та повітря, яке підсмоктується, $T_{\pi} = 293$ К ($t=20^{\circ}\text{C}$). Абсолютний тиск насичених парів, при температурі робочої води 40°C , $p_{\pi,п}=0.007$ МПа (додаток 1, табл.. 3), тоді:

$$k_{\pi} = 1 - \left(\frac{0.007}{0.1} \right) \approx 1.0;$$

$$k_{\tau} = \left(\frac{T_{\pi}}{T_p} \right) = \frac{293}{313} = 0.87$$

Об'ємний	коефіцієнт	Об'ємний	коефіцієнт
підсмоктування	по сухому	підсмоктування	по сухому
повітрю для відкритої схеми:		повітрю для циркуляційної	
		схеми:	

$$U_{o,c} = k_{\pi} \cdot k_{\tau} \cdot U_o = 0.9 \cdot 0.98 = 0.78 \quad U_{o,c} = k_{\pi} \cdot k_{\tau} \cdot U_o = 1.1 \cdot 0.87 = 0.96$$

1.3.3. Привести об'ємні коефіцієнти підсмоктування до тиску в баці-ресивері $p_c'=0.2$ МПа;

$$U_o' = U_{o.c.} \cdot \frac{p_n}{p_c} \quad (3)$$

для відкритої схеми:

$$U_o' = U_{o.c.} \cdot \frac{p_n}{p_c} = \frac{0.78 \cdot 0.1}{0.2} = 0.39$$

для циркуляційної схеми:

$$U_o' = 0.96 \cdot \frac{0.1}{0.2} = 0.48$$

1.3.4. Об'ємна витрата сухого повітря приведена до тиску на всмоктуванні:

$$Q_b = U_{o.c.} \cdot Q_p, \text{ м}^3/\text{год} \quad (4)$$

-для відкритої схеми

$$Q_b = U_{o.c.} \cdot Q_p = 0.78 \cdot 20 = 15.6 \text{ м}^3/\text{год};$$

-для циркуляційної схеми:

$$Q_b = U_{o.c.} \cdot Q_p = 0.96 \cdot 20 = 19.2 \text{ м}^3/\text{год}.$$

Відповідні витрати стислого повітря, приведені до тиску в баці ($p_c' = 0.2$ МПа), і складають:

$$Q_n' = U_{o.c.} \cdot Q_p \quad (5)$$

-для відкритої схеми:

$$Q_n' = U_{o.c.} \cdot Q_p = 0.39 \cdot 20 = 7.8, \text{ м}^3/\text{год}.$$

-для циркуляційної схеми:

$$Q_n' = U_{o.c.} \cdot Q_p = 0.48 \cdot 20 = 9.6, \text{ м}^3/\text{год}.$$

1.3.5. Розміри сопла та камери змішення розраховують за допомогою номограми (додаток 3).

За значеннями величини (Q_p (м³/год) та Δp визначають d_c , мм; діаметр камери змішення d_c

$$\Delta p_p = p_p - p_n \text{ МПа}, \quad (6)$$

$$d_\Gamma = d_c \cdot \alpha, \text{ мм}, \quad (7)$$

де $\alpha = \frac{d_\Gamma}{d_c}$ (з номограми рис. 3). За Q_p та $v_p = 1.8 \dots 2.5$ м/с

підбирається діаметр дифузору D_2 , мм

Довжина дифузору $L_g = (6 \dots 7) D_2$, мм;

Довжина камери змішення $l_r = (6 \dots 10) d_r$;

$$\Delta p_p = p_p - p_n = 0,6 - 0,1 = 0,5 \text{ МПа}$$

$$d_c = 15 \text{ мм}$$

$$d_z = d_c \cdot \alpha = 15 \cdot 2,25 = 33,8 \approx 34 \text{ мм}$$

$$Q_p = \frac{20}{3,6} = 3,3 \text{ л/с}$$

$$D = 50 \text{ мм}$$

$$L_\delta = 6 \cdot 50 = 300 \text{ мм}$$

$$l_z = 10 \cdot d_z = 10 \cdot 34 = 340 \text{ мм}$$

$$\Delta p_p = p_p - p_n = 0,7 - 0,1 = 0,6 \text{ МПа}$$

$$d_c = 14,5 \text{ мм}$$

$$d_z = d_c \cdot \alpha = 14,5 \cdot 2,4 = 34,8 \approx 35 \text{ мм}$$

$$Q_p = \frac{20}{3,6} = 3,3 \text{ л/с}$$

$$D = 50 \text{ мм}$$

$$L_\delta = 6 \cdot 50 = 300 \text{ мм}$$

$$l_z = 10 \cdot d_z = 10 \cdot 35 = 350 \text{ мм}$$

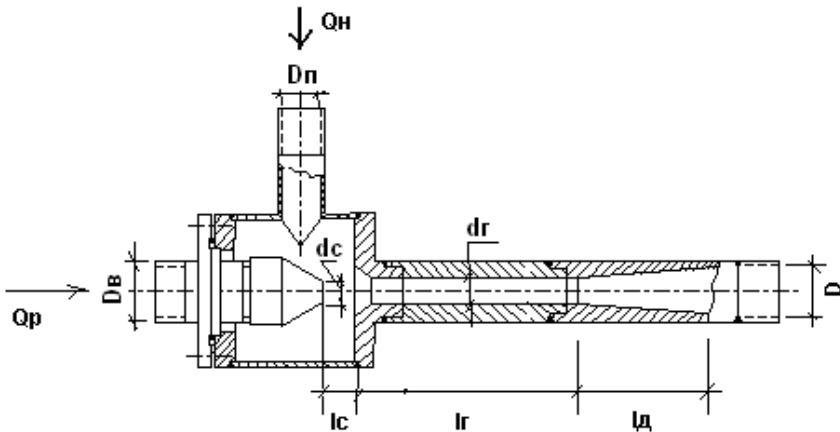


Рис. 3. Схема ежектора

l_c – відстань від сопла до камери змішування; l_r – довжина камери змішування; l_d – довжина дифузору; D_v , D_n , D – діаметри патрубків відповідно: подачі робочої рідини; підсмоктування повітря із атмосфери; подачі повітряно-водяної суміші; d_c – діаметр сопла; d_r – діаметр камери змішування.

1.3.6. По витраті Q_p (м³/год) та необхідному тиску p_p , МПа, підбирається відцентровий насос [9]:

Wilo-Multivert-MVI 5203

$N=6 \text{ кВт}$ $\eta=58\%$

Wilo-Multivert-MVI 5204

$N=7 \text{ кВт}$ $\eta=58\%$

2. Розрахунок ежектора

Принцип роботи цих аераторів (рис. 3) ґрунтується на використанні енергії робочої рідини, що рухається лінійно з великою швидкістю через сопло певної форми й розмірів, в результаті чого навколо сопла виникає зона розрідження куди із великою швидкістю із атмосфери через патрубок D_n підсмоктується повітря.

2.1. Розрахунок діаметра сопла.

Робоче сопло виконується у вигляді коноїдального насадка з тонкими стінками який плавно звужується під кутом $55 - 70^\circ$. На виході із сопла влаштовують циліндричну горловину довжиною не більше $(0,3 - 0,4)d_c$.

$$d_c = B \cdot \sqrt{\frac{Q_{год}}{\sqrt{H_m - H}}}, \text{ мм} \quad (8)$$

де, B – коефіцієнт який залежить від конструкції сопла; для діафрагм $B_d = 10,3 - 11,3$; для сопла $B_c = 9,0 - 9,3$; $Q_{год}$ – розрахункова годинна витрата води, $\text{м}^3/\text{год}$; H_m – напір перед соплом, м; H – напір після сопла, м

2.2. Розрахунок герметичней параметру K :

$$K = \frac{(d_{к.с.}^2 - d_c^2)}{d_c^2} \quad (9)$$

де, $d_{к.с.}$ – діаметр камери змішування (горловини d_r), мм

2.3. Умови безкавітаційної роботи ежектору: $K > K_{кр}$:

$$K_{кр} = q \cdot \sqrt{\frac{\lambda(H_1 - H_0)}{H_0 - H_{н.п.} + H_n}} \quad (10)$$

де, λ - число кавітації, для попередніх розрахунків можливо приймати 1,35; q - відносна витрата ; $H_{н.п.}$ – напір насичених водяних парів, м ($H_{н.п.} = 0,3$ м, або за табл. 3 Додатку 1); $H_{п.}$ - напір атмосфери $H_{п.} = 10$ м

$$q = \frac{Q_0}{Q_1} \quad (11)$$

де, Q_0 – витрата повітря яке відсмоктується, л/с; Q_1 – витрата робочої рідини, л/с

2.4. Розрахунок параметрів ежектору:

Діаметр камери змішування $d_{к.с.}$:

$$d_{к.с.} = d_c \cdot \sqrt{K + 1} \text{ , мм} \quad (12)$$

Довжина камери змішування:

$$L_{к.с.} = (6,5 - 7,5) \cdot d_{к.с.} \text{ мм} \quad (13)$$

Відстань від сопла до камери змішування:

$$l_c = (0,3 + 0,14\sqrt{K}) \cdot d_{к.с.} \text{ , мм} \quad (14)$$

Необхідно забезпечити можливість зміни величини l_c в межах: $C_{опт.} = +_0,3d_{к.с.}$. Розрахункова швидкість води у підвідному та напірних патрубках: 1,8 – 2,5 м/с.

Вхід до камери змішування та зовнішня поверхня робочого сопла повинні утворювати кільцевий коноїдальний насадок який плавно співспрягається з поверхнею камери. Кут сходження конфузора 60 – 100°.

Довжина простого дифузора, мм:

$$L_d = \frac{(D_{відвідного} - d_{к.с.})}{2 \cdot \operatorname{tg} \frac{\beta}{2}} \quad (15)$$

де, $\beta = 6 \dots 8^\circ$ – кут розхилу дифузора; $D_{відвідного}$ – діаметр відвідного патрубка, мм – приймається із розрахунку проходження повітря водяної суміші із швидкістю 1,8 – 2,5 м/с

3. Розрахунок вакуум-ежекційного апарата

Вакуум-ежекційні апарати (рис. 4) складаються із вакуумної камери в якій забезпечується підвищення величини рН води в результаті миттєвого видалення діоксиду вуглецю та сірководню, а також закріплених коаксiально до неї ежекційних камер змішування. Всередині вакуумної камери знаходиться насадок який конічно звужується і переходить в насадок Вентурі.

Глибина вакууму V знаходиться в межах 0,05 – 0,1 МПа в залежності від вмісту у вихідній воді вільного діоксиду вуглецю та сірководню. Менші значення вакууму слід приймати для верхніх меж концентрацій розчинених газів.

В більшості випадків вакуум-ежекційні апарати застосовуються для видалення із підземних вод розчинених газів, окиснення залізо-органічних сполук заліза, частковому видаленню із води солей карбонатної жорсткості. Встановлюються в верхній частині напірних фільтрів (рис. 5).

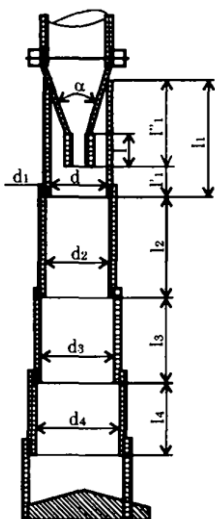


Рис. 4. Схема вакуум-ежекційного апарата

α - кут конусності; $d - d_4$ - внутрішній діаметр циліндрів; l - довжина насадка Вентурі; l_1 - загальна довжина циліндра; $l_2 - l_4$ висоти камер змішування; l_1^* - висота вакуум-ежекційної зони

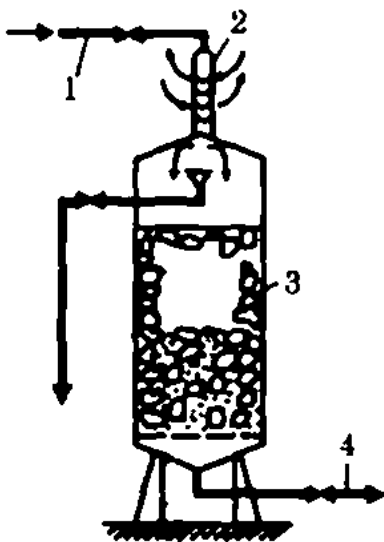


Рис. 5. Схема встановлення вакуум-ежекційного апарата

1- напірний трубопровід подачі вихідної води; 2 - вакуумно-ежекційний апарат; 3 - напірний фільтр з «сухим» завантаженням; 4 - трубопровід відведення фільтрату

3.1. Продуктивність вакуум-ежекційного апарата:

$$Q = \mu_{\text{к.н.}} \cdot \mu_{\text{н.в.}} \cdot \omega \cdot \sqrt{2gH}, \quad (16)$$

де, $\mu_{\text{к.н.}}$, $\mu_{\text{к.в.}}$ – коефіцієнти витрат конічно-звужуючого насадка та насадка Вентурі (табл. 1); ω - площа поперечного перерізу насадка Вентурі, м²; H – напір перед насадком, м

3.2..Швидкість витоку води із сопла апарата, м/с:

$$v = \varphi_{\text{к.н.}} \cdot \varphi_{\text{н.в.}} \cdot \sqrt{2gH}, \quad (17)$$

де, $\varphi_{\text{к.н.}}$, $\varphi_{\text{к.в.}}$ - коефіцієнти швидкості відповідно конічно-звужуючого насадка та насадка Вентурі (табл.1),

Таблиця 1

Величини коефіцієнтів швидкості, витрати, опору

Тип насадка	Коефіцієнт швидкості, φ	Коефіцієнт витрати, μ	Коефіцієнт опору, ξ
Циліндричний (Вентурі)	0,82	0,82	1
Конічний	0,96	0,94	0,98

Напір води перед насадкою, м:

$$H = 100(P - P_{\text{е}}), \text{ м} \quad (18)$$

де, P – тиск води перед вакуум-ежекційним апаратом, МПа; $P_{\text{е}}$ – тиск ежектованого повітря, що приймається рівним атмосферному, МПа

3.3. Діаметр насадка Вентурі d , мм визначається за табл. 2 в залежності від вихідного тиску води P , а його довжина приймається $(3 - 4) d$.

Таблиця 2

Визначення діаметра насадка Вентурі

Тиск P , МПа	Діаметр насадка Вентурі d , мм
0,3 – 0,4	5 – 10
0,5 – 0,8	5 – 30
> 0,9	5 – 40

Діаметр вакуумної камери d_1 визначається за відношенням, в залежності від вихідного параметра P , та необхідної глибини вакууму V (рис. 6). Довжина вакуумної камери визначається за формулою:

$$l_1 = \frac{\omega_1}{\omega} (P + 0,4) \cdot k \cdot d_1 \geq 10d_1 \quad (19)$$

де, ω_1 , ω - площі поперечного перетину вакуумної камери та насадка Вентурі, m^2 ; k - коефіцієнт шорсткості (для сталі 1,1; пластмаси 1,2).

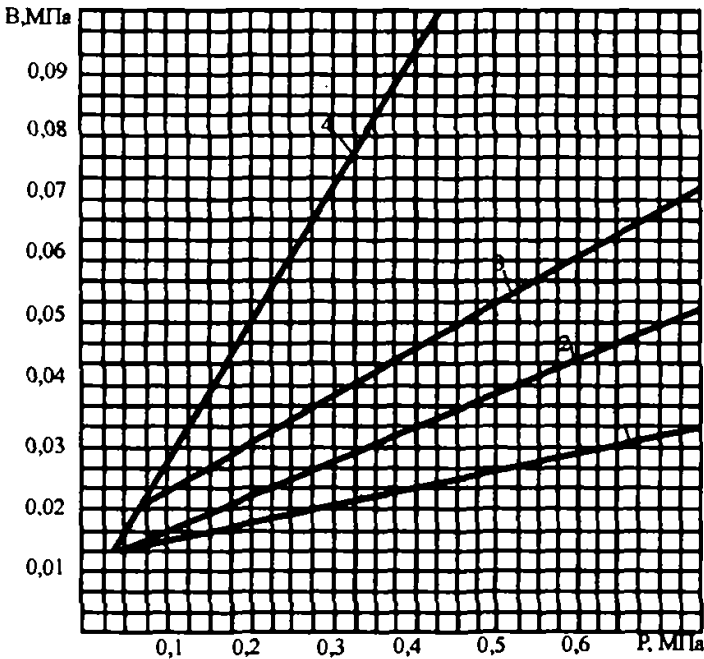


Рис. 6. Співвідношення площі сопла та вакуумної камери: 1 – 1:64; 2 – 1:25; 3 – 1:16; 4 – 1:6 [7]

3.4. Кількість ежекційних камер змішування:

$$K_{cm} = 0,02[Fe^{2+}] + 0,04 \cdot [CO_2] + 0,16[H_2S] - 0,05[O_2] \quad (20)$$

де, $[Fe^{2+}]$, $[CO_2]$, $[H_2S]$, $[O_2]$ – концентрації у вихідній воді катіонів феруму, диоксиду вуглецю, сірководню, кисню, мг/дм³

3.5. Діаметр першої ежекційної камери слід прийняти d_1 . Діаметр n -ї камери змішування розраховується за формулою:

$$d_e = \left(1 + 9 \cdot \operatorname{tg} \frac{\beta_n}{2} \right) \cdot d_{n-1} \quad (21)$$

де d_{n-1} – діаметр попередньої камери змішування, м; β - центральний кут розкриття потоку води в n -й камері змішування, градуси:

$$\beta_n = 21 \Delta P_p \cdot d_{n-1}^{0,125} \quad (22)$$

де ΔP_p – перепад робочого тиску води, МПа:

$$\Delta P_p = P_{n-1} - P_e \quad (23)$$

де P_{n-1} – робочий тиск в попередній камері змішування, МПа; P_e – тиск ежектованого повітря, який приймається рівним атмосферному, МПа.

Робочий тиск після вакуумної камери приймається $0,75P$.

Робочий тиск після камери змішування розраховується за формулою:

$$P_{e1} = 0,8(0,75P) \quad (24)$$

В наступній камері змішування P_{e2} тиск складає 80% від тиску P_{e1} .

Довжина кожної камери змішування визначається в залежності від їх діаметрів:

$$l_{ei} = (8-12)d_{e1}, \quad l_{e2} = (8-12)d_{e2} \quad (25)$$

Висота вікон визначається в залежності від діаметра камери змішування (табл. 3).

Таблица 3

Визначення висоти вікон

Діаметр камери змішування, мм	Висота вікон, мм
20 – 30	5 – 6
31 – 60	7 – 8
61 – 90	9 – 10
91 – 150	11 – 15

4. САМОСТІЙНА РОБОТА

Самостійна робота здобувача вищої освіти є невід’ємною складовою освітнього процесу. Це основа навчання, спрямована на формування самостійності майбутнього фахівця, уміння здійснювати самостійний пошук, системний аналіз та узагальнення навчально-методичної та наукової інформації, професійно важливих дій до самопідготовки у процесах виробничої практики, здатності приймати конструктивні рішення тощо.

Метою самостійної роботи є підвищення конкурентоспроможності майбутніх фахівців на світовому ринку праці через формування їхніх вмінь та ключових навичок.

Підсумком самостійної роботи над вивченням дисципліни «Обладнання та експлуатація систем водопостачання і водовідведення» є складання письмового звіту за питаннями, що не розглядаються під час аудиторних занять.

4.1. Завдання для самостійної роботи

1. Пристрої для вимірювання рівня води в свердловині [1, стор. 45-46]. Пристрої для очищення обсадних т руб свердловини [1, стор. 45-46]. Пристрої для регенерації свердловин [1, стор. 47-51].
2. Експлуатація променевих водозаборів, шахтних колодязів та горизонтальних водозборів.
3. Сучасні апарати для знезалізнєння та знефторювання природних вод.
4. Експлуатація споруд підготовки якості природної води (Знезалізнєння, знефторювання, знезаражування).
5. Сучасні апарати для знезараження природних та стічних вод.
6. Схеми, конструкції та принцип дії флотаторів та сатураторів. Особливості експлуатації споруд які працюють під тиском [4, 5].
7. Умови скидання зворотних вод у водні об’єкти. Накопичувачі промислових забруднених стічних вод та технологічні водойми.
8. Фільтри із пінополістирольним завантаженням. Конструкція, принцип дії. Умови експлуатації [2, 5].
9. Перелік заходів по підготовці водопроводів та споруд до роботи в зимових умовах. Перелік ситуацій які не вважають аварійними на водоводах та мережах [1]. Спорядження аварійної бригади [1].

10. Порядок проведення робіт по дезинфекції ділянок водопроводів та напірно-регулюючих споруд [1].
11. Організація експлуатації водонапірних башт та резервуарів чистої води. Порядок гідравлічного випробування ємкісних споруд, прийняття в експлуатацію.
12. Сучасні апарати для знезараження природних та стічних вод. Правила їх експлуатації [1].
13. Порядок погодження проекту [1, стор. 172]. Методика розрахунків обслуговуючого персоналу [1, стор. 172; 2, 3]. Склад бригади і її ланок для внутрішнього огляду великих колекторів.
14. Проектно-кошторисна документація об'єктів ВВ. Погодження, експертиза та затвердження проектної документації на об'єкти водопостачання і водовідведення в Україні
15. Основи ергономічного підходу при організації робочих місць систем водопостачання і водовідведення.

4.2. Оформлення звіту про самостійну роботу

Підсумком самостійної роботи над вивченням дисципліни є складання письмового звіту за темами, вказаними в пункті 7.1.

Звіт оформлюється на стандартному папері формату А4 (210x297) з одного боку. Поля: верхнє, праве – 10 мм, нижнє – 17 мм, лівє – 20 мм. У тексті повинні бути зазначені посилання на використану літературу.

Звіт може бути рукописним або друкованим і виконується українською мовою.

На титульній сторінці звіту мають бути зазначені назва кафедри, тема самостійно ї роботи, прізвище та ініціали здобувача вищої освіти, група, прізвище та ініціали викладача, який приймає роботу, посада.

Загальний обсяг звіту – 10-15 сторінок. Звіт включає план, основну частину, висновки, список використаної літератури та додатки.

Здача звіту про самостійну роботу відбувається у терміни, спільно обумовлені викладачем і здобувачем вищої освіти.

Рекомендована література

Базова

1. Лямаев Б. Ф. Гидроструйные насосы и установки. Л. : Машиностроение. Ленинградское отделение, 1988.
2. Орлов В. О., Литвиненко Л. Л., Квартенко О. М. Обладнання та експлуатація систем водопостачання та водовідведення : навчальний посібник. Рівне : НУВГП, 2011-288с.
3. Тугай А. М., Орлов В. О. Водопостачання : підручник. Київ : «Знання» 2009. 735 с.

Нормативно-правова

4. ВНД 33-3.4-01-2000. Правила технічної експлуатації систем водопостачання та каналізації сільських населених пунктів України. К., 2000. 141с.
5. Норми обслуговування. Нормативи чисельності працівників, зайнятих на роботах з експлуатації мереж, очисних споруд, насосних станцій водопровідно-каналізаційних господарств та допоміжних об'єктів на них. К., 1997. 51 с.
6. Правила технічної експлуатації систем водопостачання та каналізації населених пунктів України. КДП 204-12. Укр. 242.95 К. : 1995-148с.

Допоміжна

7. Орлов В. О., Квартенко О. М., Мартинов С. Ю., Гордієнко Ю. І. Знезалізнення підземних вод для питних цілей. Рівне : УДУВГП, 2003. 155 с.
8. Хоружий П. Д., Орлов В. О., Ткачук О. А. та ін. Довідник по сільськогосподарському водопостачанню і каналізації. К. : Урожай, 1992. 294 с.
9. Каталог насосов для водоснабжения. Высоконапорные центробежные насосы. Каталог ВЗ-50Гц-2007. WILO Pumpen Intelligen. 175 с.

Додаток 1

Вихідні дані

Таблиця 1

№п/п	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$P_{\text{нас}}, \text{МПа}$	0,6	0,5	0,6	0,7	0,5	0,6	0,5	0,7	0,6	0,5
$P_c, \text{МПа}$	0,2	0,3	0,3	0,3	0,2	0,2	0,3	0,2	0,2	0,3

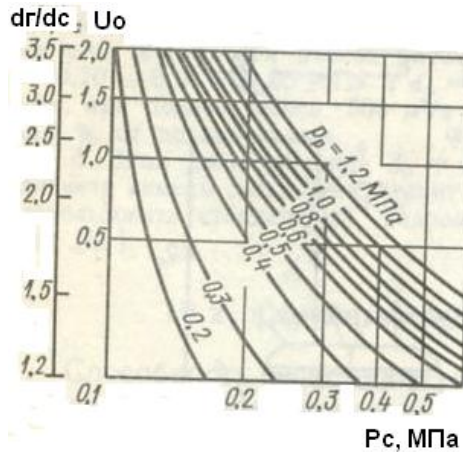
Таблиця 2

№п/п	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$Q_p, \text{м}^3/\text{год}$	20	15	10	25	20	15	10	10	25	20
$T, ^\circ\text{C}$	10	20	20	10	15	5	20	5	15	15

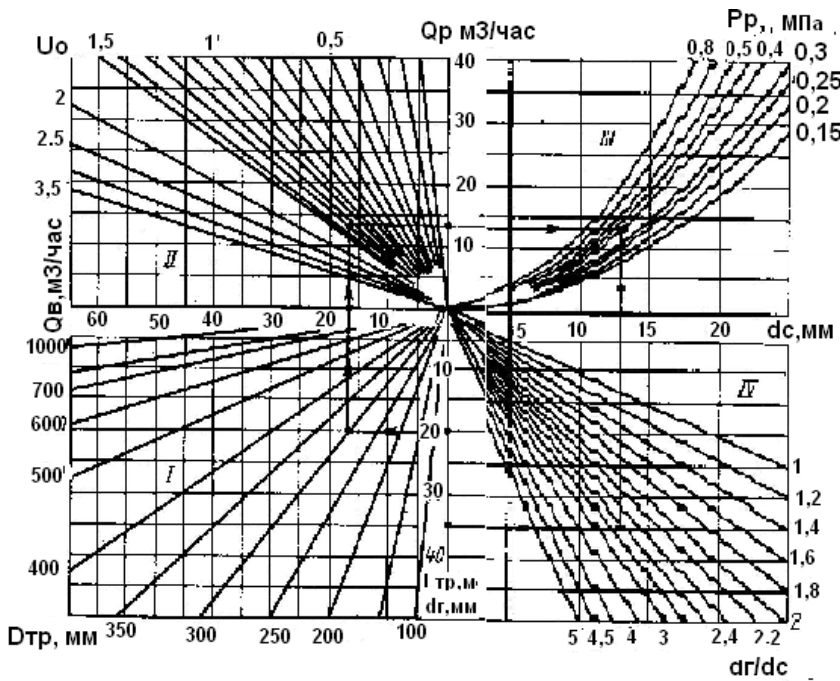
Таблиця 3

$t, ^\circ\text{C}$	0	5	10	20	30	40
$P_{\text{нп}}, \text{МПа}$	0,0006	0,0008	0,001	0,002	0,004	0,007
$t, ^\circ\text{C}$	50	60	70	80	90	100
$P_{\text{нп}}, \text{МПа}$	0,012	0,019	0,031	0,047	0,07	0,1

Додаток 2



Номограма для розрахунку гідрокомпресорів струменевого типу [1]



Номограма для розрахунку параметрів водоповітряного ежектора [1]